

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of:

Group Art Unit: 2857

TOBIAS GERLACH

Examiner: West, Jeffrey R.

Serial No.: 10/678,799

JCTO

Filed: October 3, 2003

For: METHOD FOR DETERMINING THE FREQUENCY OF THE CURRENT RIPPLE IN THE ARMATURE CURRENT OF A COMMUTATED DC MOTOR

Attorney Docket No.: KOA 0242 PUS (R 1415)

**CLAIM OF FOREIGN PRIORITY BENEFITS AND
TRANSMITTAL LETTER**

Commissioner for Patents
United States Patent and Trademark Office
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In the above-identified patent application, the Applicant claims foreign priority benefits under Title 35 of the United States Code Section 119 of the foreign applications listed below:

<u>Filing No.</u>	<u>Country</u>	<u>Filing Date</u>
101 26 168.3	Germany	May 30, 2001

Enclosed with reference to the above matter are the following documents:

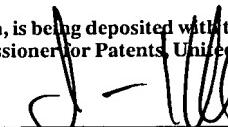
1. Certified copy of the priority application DE 101 26 168.3, filed May 30, 2001.

CERTIFICATE OF MAILING UNDER 37 C.F.R. § 1.8

I hereby certify that this paper, including all enclosures referred to herein, is being deposited with the United States Postal Service as first-class mail, postage pre-paid, in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, United States Patent and Trademark Office, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on:

April 13, 2004
Date of Deposit

James N. Kallis
Name of Person Signing


Signature

The Commissioner is hereby authorized to charge any additional fees to our Deposit Account No. 02-3978. A duplicate of this Transmittal Letter is enclosed for that purpose.

Respectfully submitted,

TOBIAS GERLACH

By: _____

James N. Kallis
Reg. No. 41,102
Attorney for Applicant

Date: April 13, 2004

BROOKS KUSHMAN P.C.
1000 Town Center, 22nd Floor
Southfield, MI 48075
Phone: 248-358-4400
Fax: 248-358-3351

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 26 168.3
Anmeldetag: 30. Mai 2001
Anmelder/Inhaber: Leopold Kostal GmbH & Co KG,
Lüdenscheid/DE
Bezeichnung: Verfahren zum Bestimmen der Frequenz der im
Ankerstromsignal eines kommutierten
Gleichstrommotors enthaltenen Stromrippel
IPC: G 01 P, H 02 P

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 27. Juni 2002
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Nietiedt



Leopold Kostal GmbH & Co. KG

Wiesenstraße 47
D-58507 Lüdenscheid
Deutschland

Verfahren zum Bestimmen der Frequenz der im Ankerstromsignal eines kommutierten Gleichstrommotors enthaltenen Stromrippel

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen der Frequenz der im Ankerstromsignal eines kommutierten Gleichstrommotors enthaltenen Stromrippel.

5

Das Ankerstromsignal eines kommutierenden Gleichstrommotors umfaßt einen Gleichanteil sowie einen den Gleichanteil überlagernden Wechselanteil. Der Wechselanteil entsteht bei einem Betrieb des Gleichstrommotors infolge des Zusammenwirkens von Magnet (Feld), Ankerwicklung und

- 10 Kommutator des Gleichstrommotors. Dies äußert sich in einer kurzzeitigen Änderung der induzierten Spannung, woraus sich die Welligkeit des Ankerstromsignals ergibt. Die in dem Ankerstromsignal enthaltenen Stromspitzen - im folgenden Stromrippel genannt - treten bei einer Umdrehung des Ankers in einer der Anzahl der Kollektorlamellen entsprechenden Häufigkeit auf. Weist beispielsweise der Anker zehn Kollektorlamellen auf, sind im Ankerstromsignal entsprechend zehn Stromrippel zu erkennen. Eine Zählung der Stromrippel kann somit Aufschluß über die aktuelle Drehstellung des Ankers des Gleichstrommotors und somit bezüglich des von ihm angetriebenen Elements innerhalb seiner vorbestimmten Bewegungsstrecke geben. Zu diesem Zweck wird das analoge Ankerstromsignal digitalisiert, um eine entsprechende Zählung vornehmen zu können.

Die Anzahl der abgezählten Stromrippel in einem bestimmten Zeitintervall gibt als Stromrippelfrequenz Aufschluß über die aktuelle Drehzahl des Gleichstrommotors.

- 5 Um eine möglichst fehlerfreie Stromrippeldetektion durchführen zu können, wird das analoge Ankerstromsignal vor und ggf. auch nach seiner Digitalisierung zum Unterdrücken von Störeinflüssen entsprechend aufbereitet. Zur Aufbereitung des Ankerstromsignals werden Filterungen durchgeführt, die als Tiefpaßfilterung und/oder als Frequenzfilterungen
10 ausgestaltet sind. Ein derartiges Signalaufbereitungsverfahren ist beispielsweise beschrieben in DE 195 11 307 C1. Sinn und Zweck derartiger Signalaufbereitungsverfahren ist es, ein präzises Ankerstromsignal, möglichst befreit von Störeinflüssen, bereitzustellen, damit dieses aufbereitete Ankerstromsignal anschließend im Hinblick auf die darin enthaltenen
15 Stromrippel ausgewertet werden kann. Zur Positionsbestimmung werden die Rippel gezählt, da das Zählergebnis unmittelbar Aufschluß über die aktuelle Drehstellung der Antriebswelle bzw. des Ankers des Gleichstrommotors gibt. Zum Zählen der in dem Ankerstromsignal enthaltenen Stromrippel werden üblicherweise Minima- oder Maxima-Bestimmungs-
20 algorithmen oder solche zur Bestimmung der Nulldurchgänge eingesetzt.

- Mit den vorbekannten Signalaufbereitungs- und Korrekturverfahren lassen sich im Ankerstromsignal enthaltene Störeinflüsse jedoch nur dann hinreichend beseitigen oder minimieren, wenn die im Ankerstromsignal enthaltenen Stromrippel prägnant im Ankerstromsignal vorhanden sind. Problematisch, wenn nicht sogar unmöglich ist eine Auswertung der im Ankerstrom enthaltenen Stromrippel, wenn diese durch Störfrequenzeinflüsse überlagert sind, die sich auch dadurch bemerkbar machen können, daß das Stromrippelsignal einem in seiner Frequenz und Amplitude zufällig veränderlichen Störfrequenz, beispielsweise infolge von Spannungsschwankungen aufmodelliert sein kann.

- A Ausgehend von diesem diskutierten Stand der Technik liegt der Erfindung daher die Aufgabe zugrunde, ein vereinfachtes Verfahren zum Bestimmen 35 der Frequenz der im Ankerstromsignal eines kommutierten Gleichstrommotors enthaltenen Stromrippel vorzuschlagen, bei dem auch eine sichere Frequenz- bzw. Drehzahlbestimmung erfolgen kann, wenn das Stromrippelsignal von Störfrequenzeinflüssen überlagert ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Bestimmung der Frequenz der im Ankerstromsignal enthaltenen Stromrippel über eine Differenzbildung zwischen dem durch eine Spektralanalyse des Ankerstromsignals gewonnenen Ergebnis und dem Ergebnis einer weiteren Spektralanalyse einer elektrischen Motorbetriebsgröße erfolgt.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt eine Bestimmung der Stromrippelfrequenz im Ankerstromsignal durch eine Differenzbildung zwischen den Ergebnissen von zwei unabhängig voneinander durchgeführten Spektralanalysen. Zumindest eines der Ergebnisse der beiden Spektralanalysen ist aus dem Ankerstromsignal gewonnen worden. Das Ergebnis der weiteren Spektralanalyse ist ein entsprechendes, der eine weitere elektrische Motorbetriebsgröße zugrunde gelegt ist, beispielsweise die Motorspannung. In diesem Fall machen sich in den Spektralanalysen, die beispielsweise mittels einer Fast-Fourier-Transformation des Ankerstromsignals bzw. des Motorspannungssignals in seinen jeweiligen Frequenzbereich ermittelt worden sind, Störfrequenzen in gleicher Weise bemerkbar. Dem gegenüber machen sich die Stromrippel mehr oder weniger ausschließlich, zumindest jedoch in deutlich stärkerem Maße in der Spektralanalyse bemerkbar, in durch die das Ankerstromsignal transformiert worden ist, nicht jedoch in dem Ergebnis der aus dem Motorspannungssignal gewonnenen Spektralanalyse. Durch eine Differenzbildung der Ergebnisse dieser beiden Spektralanalysen werden die Störfrequenzanteile, die sich in den Ergebnissen der beiden Spektralanalysen gleichermaßen bemerkbar machen, eliminiert mit dem Ergebnis, daß lediglich die aktuelle Stromrippelfrequenz für eine weitere Auswertung übrig bleibt. Durch diese Subtraktion werden somit sämtliche Schwingungen eliminiert, die nicht kommutierungsbedingt sind, sondern originär von den Verzerrungen im Spannungssignal herrühren. Dabei wirken sich eventuelle, durch den jeweiligen Betriebszustand des Gleichstrommotors bedingte Phasenverschiebungen der Frequenzanteile nicht aus, da der Gleichstrommotor keine Verschiebung von Frequenzanteilen vornimmt. Vielmehr fügt er selbst neue hinzu, nämlich die Stromrippel. Daher ist mit dem erfindungsgemäßen Verfahren nicht nur die Frequenz der im Ankerstromsignal enthaltenen Stromrippel auch bei einer Überlagerung durch Störfrequenzeinflüsse ermittelbar. Vielmehr ist auch eine Stromrippelfrequenzerkennung und eine sich daran anschließende Drehzahl- und Positionsbestimmung der Ankerwelle des Gleichstrommotors möglich, wenn Span-

nungsschwankungen auftreten. Die Differenzbildung kann bei einer solchen Ausgestaltung, bei der in die Differenzbildung die Ergebnisse von Spektralanalysen zum einen das Ankerstromsignal und zum anderen das Motorspannungssignal eingehen, zeitgleich und somit mit den Daten des selben Abtastzeitpunktes vorgenommen werden.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, daß in beide von einander zu subtrahierende Spektralanalysen das Ankerstromsignal ein geht, wobei in diesem Falle sicherzustellen ist, daß das den Spektralanalysen zugrunde gelegte Ankerstromsignal in unterschiedlichen Betriebszuständen des Gleichstrommotors erfaßt worden ist. Beispielsweise können die Spektralanalysen bei unterschiedlicher Drehzahl des Gleichstrommotors durchgeführt werden. Die Spektralanalysen basieren dann auf Ankerstromdaten, die zeitlich voneinander beabstandet sind. Bei dieser Ausgestaltung wird davon ausgegangen, daß die Störfrequenzen innerhalb des zweckmäßigerweise kleinen Zeitintervalls zwischen der Erstellung der ersten und der zweiten Spektralanalyse etwa konstant ist. Die Bestimmung der Stromrippelfrequenz kann beispielsweise bei jedem Anfahren des Gleichstrommotors durchgeführt werden.

Grundsätzlich kann eine solche Berechnung in jedem Takt der digitalen Abtastung der in die Auswertung eingehenden Signalkurven bestimmt werden. Bei solchen Gleichstrommotoren, die immer kurzzeitig in Betrieb sind, wie beispielsweise Fensterhebermotoren in einem Kraftfahrzeug, ist es zweckmäßig und auch ausreichend, daß eine Bestimmung der Stromrippelfrequenz bei jedem Anfahren des Gleichstrommotors durchgeführt wird.

Die auf die zuvor beschriebene Weise bestimmte Frequenz der im Ankerstromsignal enthaltenen Stromrippe kann infolge ihrer Proportionalität zur Drehzahl unmittelbar herangezogen werden, um daraus die Drehwinkelstellung der Ankerwelle des Gleichstrommotors oder eine Positionsbestimmung eines von dieser angetriebenen Elementes durchführen zu können.

Änderungen infolge des Betriebszustandes des Gleichstrommotors resultieren in einer Änderung der Frequenz der im Ankerstromsignal enthaltenen Stromrippe. Folglich sind Änderungen in der Frequenz der Stromrip-

pel unmittelbar auf eine Drehzahländerung des Gleichstrommotors zurückzuführen.

- Zum Durchführen der Spektralanalyse kann das analoge Ankerstromsignal zunächst digitalisiert und anschließend mittels einer Fast-Fourier-Transformation in seinen Frequenzbereich transformiert werden. Diese Verfahrensschritte können wenig rechenintensiv ausgestaltet sein. Dies hat auch zur Folge, daß ohne weiteres diese Berechnungen in jedem Zeitpunkt der digitalen Abtastung des analogen Ankerstromsignals vorgenommen werden können, so daß eine Drehwinkelbestimmung der Antriebs- bzw. Ankerwelle des Gleichstrommotors in einer zeitlich sehr hohen Auflösung erfolgen kann. Folglich kann dieses Verfahren auch eingesetzt werden, um für solche Korrekturverfahren benutzt werden zu können, bei denen die aktuelle Drehzahl des Gleichstrommotors benötigt wird. Insbesondere können mit diesem Verfahren bei einer Durchführung der Verfahrensschritte im Takt der digitalen Abtastung Betriebszustandsänderungen quasi in Echtzeit erfaßt werden und somit auch in der aktuellen Drehwinkelbestimmung berücksichtigt werden.
- Im Gegensatz zum vorbekannten Stand der Technik wird bei dem beanspruchten Verfahren keine Frequenzfilterung vorgenommen, sondern es erfolgt eine direkte Ermittlung der aktuellen Stromrippelfrequenz unter Ausblendung solcher Frequenzanteile, die als Störeinflüsse ggf. das Ankerstromsignal überlagern. Die Beobachtung der Stromrippelfrequenz wird bei diesem Verfahren unmittelbar ausgewertet, ohne daß zu diesem Zweck zuvor eine eigene Stromrippeldetektion oder eine besondere Signalaufbereitung grundsätzlich notwendig wäre. Daher eignet sich dieses Verfahren insbesondere auch, um eine sensorlose Positionsbestimmung bei kommutierten Gleichstrommotoren mit geringeren Anforderungen an ihre Qualität unter Ausnutzung der im Ankerstrom enthaltenen Stromrippe durchführen zu können.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann jedoch nicht nur vorgesehen sein, die aktuelle Frequenz der Stromrippe bei einem Betrieb des Gleichstrommotors zu ermitteln und zu überwachen, sondern diese Betriebsfrequenz der im Ankerstromsignal enthaltenen Stromrippe kann ebenfalls im Hinblick auf sprunghafte Änderungen der Stromrippelfrequenz überwacht werden. Bei Auftreten von Fehl- und/oder Doppelrippeln erfolgt eine

sprungartige Änderung der aktuellen Stromrippelfrequenz, so daß anschließend bei einer Detektion einer solchen sprungartigen Änderung der aktuellen Stromrippelfrequenz eine Korrektur des Stromrippelezählergebnisses und somit der aktuellen Positionsbestimmung durchgeführt werden kann.

Die Detektion einer solchen sprungartigen Änderung der aktuellen Stromrippelfrequenz kann einer Plausibilitätskontrolle unterworfen werden, etwa über die Dauer der Frequenzänderung oder über den Frequenzsprung, um auf diese Weise eine Interpretation von nicht durch Stromrippe induzierten Frequenzen zu vermeiden. Mit einem solchen Korrekturverfahren ist es somit auf einfache Weise möglich, eine Korrektur von auftretenden Fehl- und/oder Doppelrippeln vorzunehmen, ohne daß zu diesem Zweck aufwendige und rechenintensive Algorithmen zum Erkennen von Fehl- und/oder Doppelrippeln durchgeführt werden müßten.

- B Die Erfindung ist nachfolgend nochmals anhand der Figuren erläutert. Es zeigen:
- Fig. 1: Ein Diagramm zum Darstellen der Differenzbildung von den Ergebnissen zweier Spektralanalysen zur Ermittlung der Stromrippelfrequenz in dem Ankerstromsignal eines kommutierten Gleichstrommotors.
- Bei einem kommutierten Gleichstrommotor wird das Motorspannungs- und Motorstromsignal überwacht. Die Signalkurven der Motorspannung und des Motorstroms sind in dem Diagramm der Figur 1 oben links wiedergegeben, wobei die Motorspannungskurve mit U und die Motorstromkurve mit I bezeichnet sind. Aus der Unregelmäßigkeit des Ankerstromsignals I ist erkennbar, daß in diesem nicht nur das Stromrippelsignal enthalten ist, sondern daß dieses durch andere Schwingungen überlagert ist, beispielsweise der Bordnetzwelligkeit eines Kraftfahrzeuges, wenn der Gleichstrommotor etwa als Fensterhebermotor in einem Kraftfahrzeug eingesetzt ist.
- Die das Ankerstromsignal I überlagernden Schwingungen etwa der Bordnetzwelligkeit machen sich auch in der Motorspannungskurve U bemerkbar. Die im Ankerstromsignal I enthaltenen Stromrippe sind im Motor-

spannungssignal U nicht oder sehr viel abgeschwächter enthalten. Diese Zusammenhänge werden nunmehr zur Ermittlung der Stromrippelfrequenz ausgenutzt. Zu diesem Zweck wird etwa im Wege einer Fast-Fourier-Transformation das Motorspannungssignal U in den Frequenzbereich transformiert, so daß auf diese Weise eine Spektralanalyse vorgenommen werden kann. Entsprechend erfolgt ebenfalls eine Transformation des Ankerstromsignales I in den Frequenzbereich. Die beiden Frequenzspektren der Motorspannung sowie des Motorstromes sind an entsprechender Stelle rechts neben dem zuvor genannten Diagramm aufgetragen. Die beiden Frequenzspektren reflektieren die am Zustandekommen der jeweiligen Kurven U , I beteiligten Schwingungsfrequenzen. Durch eine Subtraktion dieser beiden Frequenzspektren voneinander werden die in beiden Frequenzspektren enthaltenen Störschwingungen eliminiert, so daß im Ergebnis die Stromrippelfrequenz, die maßgeblich im Ankerstromsignal I enthalten ist, übrig bleibt. Diese kann anschließend einer nachfolgenden Auswertung, beispielsweise zur Ermittlung der aktuellen Drehzahl des Gleichstrommotors und einer nachgeschalteten Positionsbestimmung seiner Antriebswelle oder eines von ihr angetriebenen Elementes unterzogen werden.

In dem Diagramm der Figur 1 unten links ist die um die Störschwingungen, etwa die Bordnetzwelligkeit bereinigte Motorspannung U sowie das entsprechend bereinigte Ankerstromsignal I aufgetragen. In dem Ankerstromsignal I ist nunmehr ausschließlich die Welligkeit der Stromrippe wiedergegeben. Dieses Diagramm verdeutlicht lediglich das Ergebnis der durchgeföhrten Differenzbildung der beiden in diesem Ausführungsbeispiel benutzten Frequenzspektren.

Bei einer drehzahlbezogenen Überwachung der Stromrippelfrequenz können die Änderungen der Stromrippelfrequenz überwacht werden, wobei die die Stromrippelfrequenz überlagernde Störeinflüsse von einer solchen Änderung unberücksichtigt bleiben. Solche Störeinflüsse, die durch den Kommutator bedingt sind, verändern bei einer Drehzahländerung ebenfalls ihre Frequenz, so daß diese grundsätzlich auch beobachtet werden können.

Bei Auftreten von Fehl- oder Doppelrippeln verändert sich die Frequenz der Stromrippeln sprunghaft, so daß auch dieses ohne weiteres mit dem

beschriebenen Verfahren detektierbar ist. Fehl- oder Doppelrippel machen sich nur kurzzeitig bemerkbar und können beispielsweise aufgrund dieser Eigenschaft im Störfrequenzspektrum erkannt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen der Frequenz der im Ankerstromsignal eines kommutierten Gleichstrommotors enthaltenen Stromrippel, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Bestimmung der Frequenz der im Ankerstromsignal enthaltenen Stromrippel über eine Differenzbildung zwischen dem durch eine Spektralanalyse des Ankerstromsignals gewonnenen Ergebnis und dem Ergebnis einer weiteren Spektralanalyse einer elektrischen Motorbetriebsgröße erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß vor dem Durchführen der Spektralanalyse das analoge Ankerstromsignal digitalisiert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß zum Durchführen der Spektralanalyse das digitalisierte Ankerstromsignal mittels einer Fast-Fourier-Transformation in seinen Frequenzbereich transformiert wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß in die weitere Spektralanalyse als elektrische Motorbetriebsgröße die Motorspannung eingeht.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß in die weitere Spektralanalyse als elektrische Motorbetriebsgröße gleichfalls das Ankerstromsignal eingeht, wobei die beiden Spektralanalysen bei unterschiedlichen Betriebszuständen des Gleichstrommotors durchgeführt werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Bestimmung der Frequenz der im Ankerstromsignal enthaltenen Stromrippel bei jeden Anfahren des Gleichstrommotors durchgeführt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß über die Frequenz der in dem Ankerstrom enthaltenen Stromrippel eine Bestimmung der Drehstellung der Antriebs-

welle des Gleichstrommotors erfolgt, indem nach der Bestimmung der Frequenz der Stromrippel in dem Ankerstromsignal aus dieser die aktuelle Drehzahl des Gleichstrommotors und über die Drehzahl die aktuelle Position der Antriebswelle des Gleichstrommotors ermittelt wird.

- 5 **8.** Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verfahrensschritte in jeden Zeitpunkt der digitalen Abtastung des analogen Ankerstromsignals vorgenommen werden.
- 10 **9.** Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die bei einem Betrieb des Gleichstrommotors auftretende Frequenz seiner Stromrippel im Hinblick auf Änderungen dieser Frequenz überwacht wird und eine weitere Auswertung durch eine Differenzbetrachtung zu einer oder mehreren zuvor ermittelten Stromrippelfrequenzen erfolgt.
- 15 **10.** Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die bei dem Betrieb des Gleichstrommotors auftretende aktuelle Frequenz der im Ankerstromsignal enthaltenen Stromrippel im Hinblick auf sprunghafte Änderungen dieser Frequenz überwacht und bei einer Detektion einer solchen sprunghaften Änderung der aktuellen Stromrippelfrequenz eine Korrektur des Stromrippelzählergebnisses durchgeführt wird.

Fig. 1

